



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2013 00616**

(22) Data de depozit: **22/08/2013**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/08/2020** BOPI nr. **8/2020**

(41) Data publicării cererii:
29/05/2015 BOPI nr. **5/2015**

(73) Titular:
• **LAMBDA COMMUNICATIONS SRL,**
STR. AVRAM IANCU NR. 37,
TÂRGU MUREȘ, MS, RO

(72) Inventatori:
• **LOSONCZI LAJOS, STR.REPUBLICII**
NR.23/16, TÂRGU MUREȘ, MS, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
WO 9324993; US 20110066054 A1;
US 4490682

(54) **AMPLIFICATOR DE BIOSEMNALE**



RO 130206 B1

1 Invenția se referă la un amplificator pentru măsurarea biosemnalelor de pe suprafața
2 pielii, de nivel scăzut, acoperite de zgomot.

3 Datorită existenței și a fluctuației tensiunii de decalaj și a semnalului perturbator de mod
4 comun la intrările diferențiale ale amplificatorului de măsurare, precum și a nivelului de zgomot
5 comparabil cu nivelul semnalului util, amplificarea acestor semnale întâmpină numeroase pro-
6 bleme. Amplificarea maximă posibilă este limitată de valoarea maximă a tensiunii de decalaj
7 a electrozilor de prelevare biosemnale, care poate satura ușor ieșirea amplificatorului. Același
8 fenomen poate provoca și prezența componentei continue în biosemnalul măsurat. De aseme-
9 nea, majoritatea perturbațiilor, care se manifestă ca semnale de mod comun, pot să se supra-
10 pună peste semnalul util amplificat, dacă factorul de rejecție a acestora nu este suficient de
11 mare. Limitările metodelor de explorare a acestor biosemnale, deci posibilitatea de extragere
12 a cât mai multor informații din semnale, depinde de calitatea metodelor și a soluțiilor utilizate
13 în circuitul de amplificare a biosemnalelor.

14 Se cunosc mai multe tipuri de echipamente pentru amplificarea biosemnalelor prin
15 metode neinvazive [WO 9324993, "Instrumentation amplifier", 09.12.1993], [US 5206602,
16 "Biomedical amplifier circuit", 27.04.1993], [US 4490682, "Instrumentation amplifier
17 having automatic offset adjustment", 25.12.1984], [US 2011066054 A1, "Method and
18 electronic medical device for simultaneously measuring an impedance and a biopotential
19 signal", 17.03.2011], [US 6538503, "Instrumentation amplifier and method for obtaining
20 high common mode rejection", 25.03.2003], [WO 2005094674, "Active, multiplexed digital
21 electrodes for EEG, ECG and EMG applications", 13.10.2005], [WO 9737590, "EEG based
22 activation system", 16.10.1997], [US 3880146, "Noise compensation techniques for
23 bioelectric potential sensing", 29.04.1975]. Acestea diferă între ele în modul de condiționare
24 a semnalului analogic, rejecția perturbațiilor exterioare, compensarea decalajelor, adaptarea
25 impedanțelor de intrare și tratarea componentei continue a semnalului amplificat. Aceste soluții
26 prezintă dezavantajul unei sensibilități mai mari la zgomotele externe, la semnale de mod
27 comun puternice (de exemplu rețeaua electrică de alimentare de 50 Hz). Pe de altă parte,
28 aceste amplificatoare introduc o nesimetrie în etajul de amplificare diferențială, datorită modului
29 de tăiere a componentei continue a semnalului de intrare, a nesimetriei impedanțelor sau a
30 nesimetriei amplificării pe canalele diferențiale.

31 Problema pe care o rezolvă invenția constă în rejecția puternică a perturbațiilor rețelei
32 de alimentare și a semnalelor perturbatoare de mod comun. Alte probleme rezolvate de invenție
33 constau în tăierea componentei continue a semnalului de intrare cu filtru activ în bucla de
34 reacție a preamplificatorului diferențial de intrare; corectarea rapidă a saturației amplificatorului
35 pentru artefacte de tensiune la intrare; reducerea zgomotului introdus de canalul analogic;
36 menținerea impedanței de intrare ridicate și simetrice a amplificatorului de biosemnale.

37 Amplificatorul pentru măsurarea biosemnalelor de pe suprafața pielii, de nivel scăzut,
38 acoperite de zgomot, conform invenției, este prevăzut cu un preamplificator diferențial de intrare
39 cu ieșire diferențială, realizat cu două amplificatoare operaționale interconectate, care au
40 conectate, în bucla de reacție negativă, câte un circuit activ de integrare, realizat cu câte un
41 amplificator operațional, în vederea eliminării componentei continue a biosemnalului amplificat.
42 Semnalul de mod comun al preamplificatorului prelevat cu ajutorul unui amplificator operațional
43 în montaj repetor de tensiune se aplică la intrarea inversoare a unui alt amplificator operațional,
44 la a cărui intrare neinversoare se aplică o tensiune de referință, în vederea formării semnalului
45 de referință. Ieșirea diferențială a preamplificatorului de intrare se aplică la intrarea diferențială
46 a unui amplificator instrumental de transadmitanță, a cărui ieșire de curent se conectează la o
47 intrare a unui sumator de curent, ce are ieșirea de curent conectată la intrarea unui amplificator

RO 130206 B1

de transadmitanță realizat cu un amplificator operațional, a cărui ieșire de tensiune se conectează cu ajutorul unui divizor de tensiune realizat cu două rezistoare la intrarea unui al doilea amplificator de transadmitanță. La intrarea acestuia se însumează tensiunea de referință, ieșirea acestuia conectându-se la o intrare a sumatorului de curent. În plus, amplificatorul de biosemnale mai conține un potențiomtru pentru reglarea tensiunii de referință aplicată la intrarea unui amplificator de transconductanță realizat cu un amplificator operațional, ieșirea de curent a acestuia conectându-se la o intrare a sumatorului, constituind astfel semnalul de corecție a offsetului circuitelor diferențiale de amplificare.	1 3 5 7
Amplificatorul pentru biosemnale de nivel scăzut de pe suprafața pielii, acoperite de zgomot, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:	9
- obținerea unui factor de rejecție a semnalului de mod comun deosebit de mare;	11
- obținerea unei impedanțe de intrare ridicate și simetrice;	
- posibilitatea de calibrare a offsetului tensiunii de intrare și a câștigului de tensiune;	13
- rejecție ridicată a perturbațiilor tensiunii de rețea (50 Hz);	
- precizie mare de amplificare și stabilitate în timp;	15
- posibilitatea utilizării echipamentului în diferite aplicații care necesită diferite valori ale amplificării în tensiune, prin schimbarea valorii a unui număr redus de componente pasive;	17
- posibilitatea integrării echipamentului în sisteme mobile de măsurare;	
- posibilitatea utilizării echipamentului în sistemele dedicate interfețelor creier-calculator (BCI).	19
Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu fig. 1...3, care reprezintă:	21
- fig. 1, schema electronică a amplificatorului de biosemnale de nivel scăzut, acoperite de zgomot;	23
- fig. 2, schema bloc a amplificatorului de biosemnale de nivel scăzut, acoperite de zgomot;	25
- fig. 3, schema bloc a preamplificatorului diferențial de intrare.	27
Amplificatorul pentru biosemnale de nivel scăzut, de pe suprafața pielii, acoperite de zgomot, conform invenției (fig. 1), este prevăzut cu un circuit de intrare diferențial realizat cu amplificatoarele operaționale AO1 și AO2 , respectiv rezistoarele R1 , R2 și R3 , R4 , la care se aplică biosemnalul prelevat cu electrozii de măsurare EA (electrod activ), respectiv cu electrodul de referință ER (electrod de referință). Semnalul de mod comun obținut în punctul comun al rezistoarelor R2 și R4 se aplică la intrarea unui amplificator operațional AO5 în montaj repetor de tensiune (câștig unitar), ieșirea căruia se aplică la intrarea negativă a unui circuit de integrare realizat cu amplificatorul operațional AO3 , condensatorul C1 și rezistorul R1 , respectiv la intrarea negativă a unui alt circuit de integrare realizat cu amplificatorul operațional AO4 , condensatorul C2 și rezistorul R2 . Intrarea pozitivă a primului integrator (realizat cu amplificatorul operațional AO3) este conectată la ieșirea amplificatorului AO1 , iar ieșirea integratorului este conectată prin intermediul rezistorului R1 la intrarea negativă a amplificatorului AO1 . Intrarea pozitivă a celui de-al doilea integrator (realizat cu amplificatorul operațional AO4) este conectată la ieșirea amplificatorului AO2 , iar ieșirea integratorului este conectată la intrarea negativă a amplificatorului AO2 . Cele două circuite de integrare au rolul de tăiere a componentei continue a biosemnalului amplificat cu etajul diferențial de intrare AO1-AO2 . Frecvența de tăiere este determinată de constanta de timp a celor două integratoare C1*R1 , respectiv C2*R6 . Semnalul de mod comun de la ieșirea amplificatorului operațional AO3 este folosit și pentru formarea semnalului DRL , prin conectarea acestuia la intrarea negativă a amplificatorului operațional	29 31 33 35 37 39 41 43 45

RO 130206 B1

AO6. Pentru a permite folosirea unei singure surse de alimentare - pozitivă față de masă - amplificatorul **AO6** adună la valoarea negativă a semnalului de mod comun, tensiunea de referință U_{REF} (care este, de regulă, media tensiunii de alimentare), prin conectarea U_{REF} la intrarea pozitivă a amplificatorului operațional **AO6**. Folosind schema echivalentă prezentată în fig. 2, pe baza notațiilor din fig. 3, și aplicând principiul superpoziției, se poate calcula:

$$U_{o1} \cdot \left(1 + \frac{1}{s \cdot R_6 \cdot C_1}\right) = (U'_{o1} + U''_{o1}) \cdot \left(1 + \frac{1}{s \cdot R_6 \cdot C_2}\right) = U_{ir} \left(1 + \frac{R_3}{R_2 + R_4}\right) - U_{ia} \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_4}$$

Similar se calculează:

$$U_{o2} \cdot \left(1 + \frac{1}{s \cdot R_5 \cdot C_1}\right) = (U'_{o2} + U''_{o2}) \cdot \left(1 + \frac{1}{s \cdot R_5 \cdot C_2}\right) = U_{ia} \left(1 + \frac{R_1}{R_2 + R_4}\right) - U_{ir} \cdot \frac{R_1}{R_2 + R_4}$$

Făcând diferența ecuațiilor și impunând, pentru menținerea simetriei, $R_1 = R_3$, $R_2 = R_4$, $C_1 = C_2$ și $R_5 = R_6$, obținem:

$$(U_{o2} - U_{o1}) \cdot \left(1 + \frac{1}{s \cdot R_5 \cdot C_2}\right) = (U_{ia} - U_{ir}) \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

de unde rezultă caracteristica de transfer de forma unui filtru activ de ordinul unu a etajului de amplificare diferențială:

$$U_{o2} - U_{o1} = (U_{ia} - U_{ir}) \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot \frac{s \cdot R_5 \cdot C_1}{1 + s \cdot R_5 \cdot C_1}$$

Semnalul diferențial de la ieșirea amplificatorului diferențial **AO1-AO2** se aplică la intrarea unui amplificator instrumental de transconductanță **AIT1**. Curentul de ieșire **I1** al amplificatorului **AIT1** se aplică unui sumator **S1**, la care se aplică și curentul de ieșire **I2** al unui alt amplificator instrumental de transconductanță **AIT2**. Curentul de ieșire din sumatorul **S1** se aplică unui amplificator de transimpedanță realizat cu amplificatorul operațional **AO8** și rezistoarele **R13**, **R14** și **R15**. Tensiunea de la ieșirea amplificatorului de transimpedanță - care reprezintă semnalul de ieșire al circuitului de amplificare a biosemnalelor - este aplicat prin divizorul de tensiune **R16**, **R17** la intrarea pozitivă a amplificatorului de transconductanță **AIT2**. Semnalul de referință este adunat la semnalul de ieșire al amplificatorului de biosemnale, prin aplicarea acestuia la intrarea negativă a amplificatorului **AIT2**. Folosind schema echivalentă prezentată în fig. 2, se poate calcula:

Dacă amplificarea amplificatorului de transconductanță **AIT1** este G_1 , se poate scrie:

$$I_1 = G_1 \cdot (U_{o2} - U_{o1})$$

Tensiunea la intrarea amplificatorului de transconductanță **AIT2** are valoarea:

$$U_{it2} = (U_{BIO} - U_{REF}) \cdot \frac{R_{17}}{R_{16} + R_{17}}$$

Dacă amplificarea amplificatorului de transconductanță **AIT2** este $-G_2$, se poate scrie:

$$I_2 = -G_2 \cdot (U_{BIO} - U_{REF}) \cdot \frac{R_{17}}{R_{16} + R_{17}}$$

RO 130206 B1

Curentul de intrare al amplificatorului de transimpedanță realizat cu amplificatorul operațional **AO8** trebuie să fie zero, datorită amplificării foarte mari în buclă a celor două amplificatoare **AO8** și **AIT2**. În aceste condiții, dacă facem abstracție de la curentul amplificatorului de transconductanță de calibrare realizat cu amplificatorul operațional **AO7**, avem:

$$I_1 = -I_2$$

de unde rezultă:

$$U_{BIO} = \frac{G_1}{G_2} \cdot \left(1 + \frac{R_{16}}{R_{17}}\right) \cdot (U_{o2} - U_{o1} + U_{REF})$$

Înlocuind ecuația obținută pentru amplificarea etajului diferențial de intrare, avem:

$$U_{BIO} = \frac{G_1}{G_2} \cdot \left(1 + \frac{R_{16}}{R_{17}}\right) \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot \left(\frac{s \cdot R_5 \cdot C_1}{1 + s \cdot R_5 \cdot C_1}\right) \cdot (U_{ia} - U_{ir}) + U_{REF}$$

Relația reprezintă baza calculului amplificării amplificatorului de biosemnale, conform invenției. Pentru componenta continuă a semnalului amplificat, avem $s = 0$, deci $U_{BIO} = U_{REF}$. La frecvențe mai mari decât frecvența de tăiere, $f_t = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_5 \cdot C_1}$

avem:

$$U_{BIO} = \frac{G_1}{G_2} \cdot \left(1 + \frac{R_{16}}{R_{17}}\right) \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot (U_{ia} - U_{ir}) + U_{REF}$$

Amplificatorul de transconductanță realizat cu amplificatorul operațional **AO7**, rezistoarele **R9**, **R10**, **R11**, **R12** și potențiometrul semireglabil **P1**, furnizează semnalul de corecție al offsetului circuitelor diferențiale de amplificare, prin transformarea unei fracțiuni din tensiunea de referință în curent de compensare care se aplică la intrarea sumatorului **S1**. Pentru a compensa tensiunea de offset, se scurtcircuitază intrările **EA** și **ER** ale amplificatorului și se reglează din potențiometrul **P1** până când $U_{BIO} = U_{REF}$.

RO 130206 B1

Revendicări

1

3

5

7

9

11

13

15

17

19

21

23

1. Amplificator de biosemnale, **caracterizat prin aceea că** include un preamplificator diferențial de intrare cu ieșire diferențială, realizat cu două amplificatoare operaționale interconectate (**AO1**, **AO2**) care au conectate în bucla de reacție negativă câte un circuit activ de integrare realizat cu câte un amplificator operațional (**AO3**, respectiv **AO4**), în vederea eliminării componentei continue a biosemnalului amplificat, semnalul de mod comun al preamplificatorului prelevat cu ajutorul unui amplificator operațional în montaj repetor de tensiune (**AO5**) fiind aplicat la intrarea inversoare a unui alt amplificator operațional (**AO6**), la a cărui intrare neinversoare se aplică o tensiune de referință (U_{REF}), în vederea formării semnalului de referință (**DRL**), ieșirea diferențială a preamplificatorului de intrare aplicându-se la intrarea diferențială a unui amplificator instrumental de transadmitanță (**AIT1**), a cărui ieșire de curent se conectează la o intrare a unui sumator de curent (**S1**), ce are ieșirea de curent conectată la intrarea unui amplificator de transadmitanță realizat cu un amplificator operațional (**AO8**), a cărui ieșire de tensiune se conectează cu ajutorul unui divizor de tensiune realizat cu două rezistoare (**R16**, **R17**) la intrarea unui al doilea amplificator de transadmitanță (**AIT2**), la intrarea acestuia se însumează tensiunea de referință (U_{REF}), ieșirea lui conectându-se la o intrare a sumatorului de curent (**S1**).

2. Amplificator de biosemnale conform revendicărilor 1, **caracterizat prin aceea că** mai conține un potențiomtru (**P1**) pentru reglarea tensiunii de referință (U_{REF}) aplicată la intrarea unui amplificator de transconductanță realizat cu un amplificator operațional (**AO7**), ieșirea de curent a acestuia conectându-se la o intrare a sumatorului (**S1**), constituind astfel semnalul de corecție a offsetului circuitelor diferențiale de amplificare.

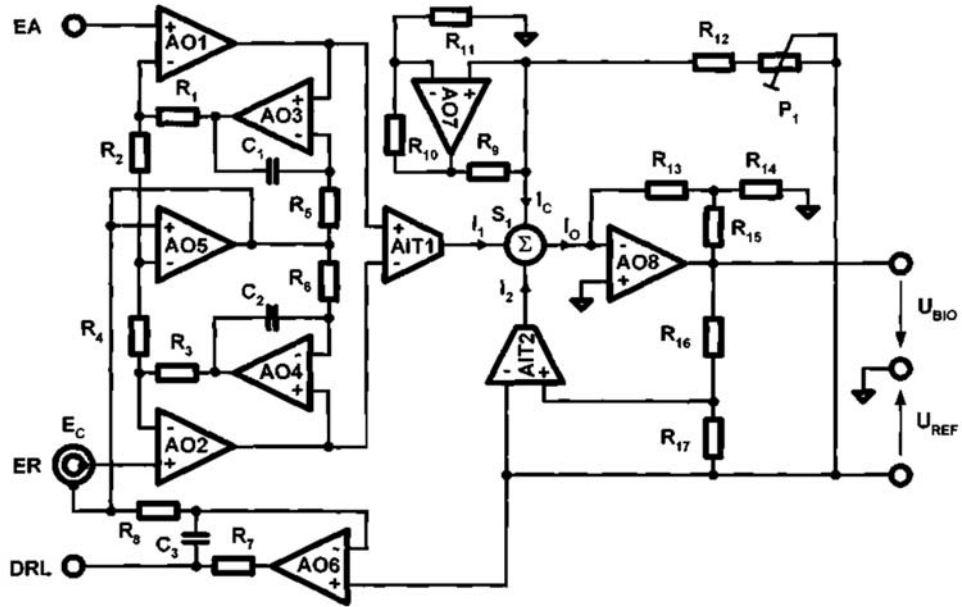


Fig. 1

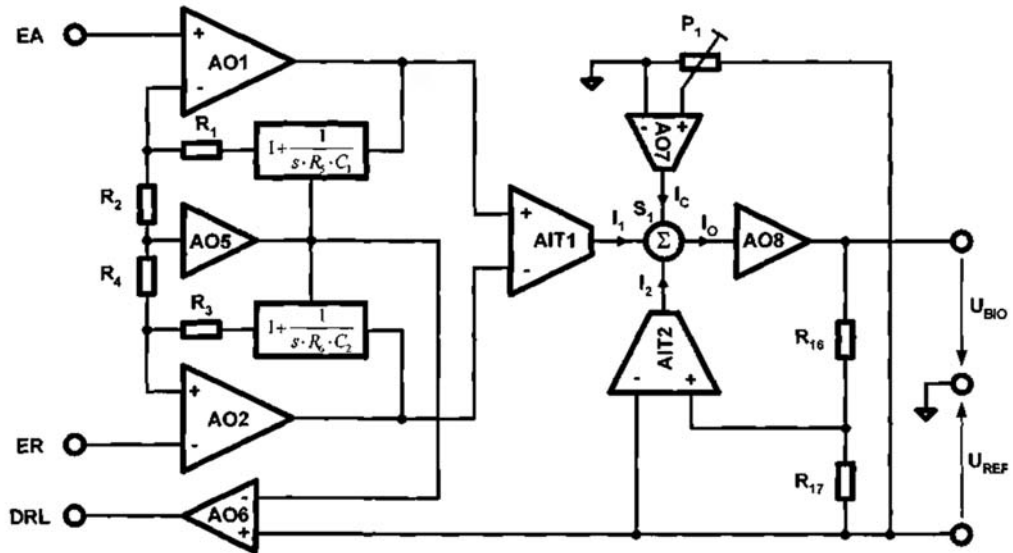


Fig. 2

(51) Int.Cl.

A61B 5/04 (2006.01);

H03F 3/45 (2006.01)

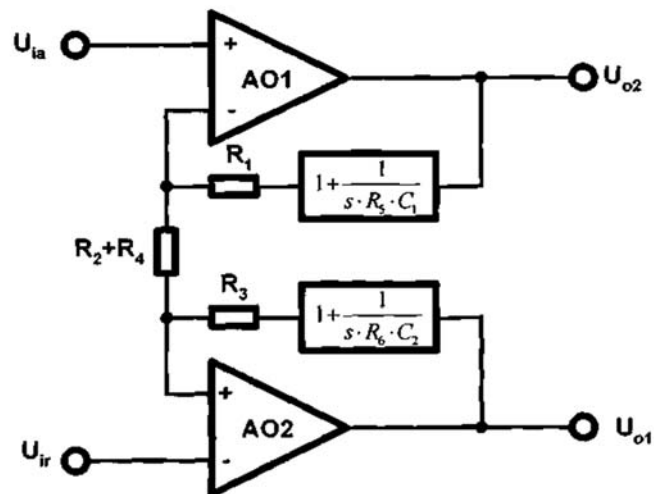


Fig. 3

